

CLIPPEDIMAGE= JP409232680A

PAT-NO: JP409232680A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09232680 A

**TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND ITS
MANUFACTURING METHOD**

PUBN-DATE: September 5, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAMIMURA, NOBUYUKI

ISHIBASHI, AKIHIKO

KUME, MASAHIRO

BAN, YUZABURO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP08034559

APPL-DATE: February 22, 1996

INT-CL_(IPC): H01S003/18; H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To cut down the threshold value current by a method wherein a ridge or mesa around a laser structured electrode made of an N containing III-V group compound is etched away to be laminated and buried in with the group compound in the smaller effective refractive index in lateral direction than that in a current implanted part.

SOLUTION: An n-type A N buffer layer 2, an undoped GaN optical guide layer 4, an undoped Ga<SB>0.9</SB>In<SB>0.1</SB>N active layer 5, an undoped GaN optical layer 6, etc., are formed on a substrate 1. Next, an undoped AlN layer 8 to form a mask leaving a specific width region for removing the undoped AlN layer by an etching step. Next, an N clad layer 7 is laminated further to form an In electrode 9 and Ni/Au electrode 10. By the formation of the AlN layer 8, the effective refractive index difference in the lateral direction between a current implanted part and a non-implanted part can be increased thereby

making

f asibl th singl lat ral m d scillati n.

C PYRIGHT: (C)1997,JP

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-232680

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 16 頁)

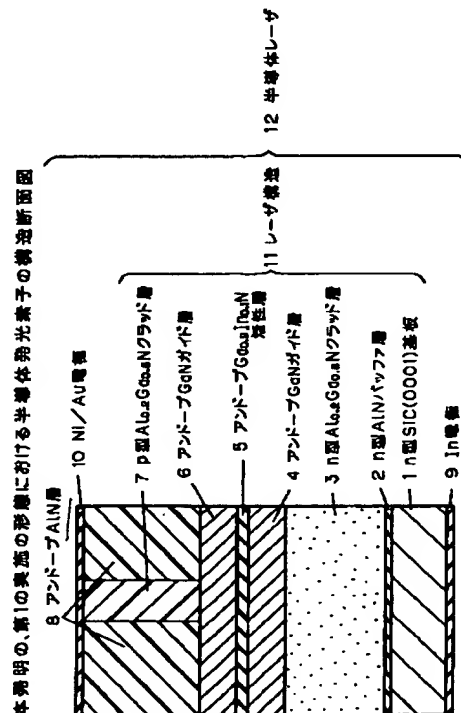
(21) 出願番号	特願平8-34559	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成8年(1996)2月22日	(72) 発明者	上村 信行 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	石橋 明彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	桑 雅博 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 滝本 智之 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 電流狭窄及び単一横モード閉じ込めを実現した半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 n型SiC(0001)基板1上に、GaInN活性層5とそれはさむp型AlGaInクラッド層7、n型AlGaInクラッド層3とが形成されている。p型クラッド層7は、アンドープAlN層8で埋め込まれている。これにより、電流狭窄が実現してしきい値電流が下がり、横方向の屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極のまわりをエッチングすることによって作製したリッジまたはメサ構造と、前記リッジまたはメサ構造の側面を、前記ダブルヘテロ構造の実効屈折率よりも小さな、Nを含有するIII-V族化合物で積層した埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極のまわりをエッチングすることによって作製したリッジまたはメサ構造と、前記リッジまたはメサ構造の側面を、前記ダブルヘテロ構造の実効屈折率よりも小さなII-VI族化合物で積層した埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項3記載の半導体発光素子。

【請求項5】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングすることによって作製したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlNからなる埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項5記載の半導体発光素子。

【請求項7】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングし、その上にNを含有するIII-V族化合物よりなる層を形成したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlNからなる埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項7記載の半導体発光素子。

【請求項9】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、前記ダブルヘテロ構造の上に作製された電極と、電極部分をエッチングし、その

上にNを含有するIII-V族化合物よりなる電流注入層を形成したセルフアラインド構造と、前記セルフアラインド構造の側面が、AlN層及びその上にNを含有する、前記電流注入層と同じ組成を有するIII-V族化合物よりなる層から形成される埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項10】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

10 【請求項11】サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSiO₂を積層し、エッチングを用いて前記SiO₂が積層されていない部分のAlNを除去する。そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

20 【請求項12】サファイア基板の代わりにSiC、Si、ZnOまたは酸化物基板基板を用いることを特徴とする請求項11記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】電流を注入しない部分に、SiO₂の代わりにAl₂O₃等の酸化物を用いることを特徴とする請求項11記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項14】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

30 【請求項15】Al及びNを含有するIII-V族化合物より構成されるレーザ構造の、III-V族化合物側の電流注入部分にSiO₂またはAl₂O₃等の酸化物を積層し、前記酸化物の積層されていない部分を水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングすることによってリッジまたはメサ構造を形成することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

40 【請求項16】サファイア基板と、サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造と、AlN層中にGaNからなる厚さ1000Å以下の層をはさんだ層を含む埋め込み構造とを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項17】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造を有することを特徴とする請求項16記載の半導体発光素子。

50 【請求項18】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記AlN層中にGaNからなる厚さ1000Å以下の層をはさみ、ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSi

O₂を積層し、エッチングを用いて前記SiO₂が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項19】電流を注入しない部分に、SiO₂の代わりにAl₂O₃等の酸化物を用いることを特徴とする請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項20】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする、請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項21】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項18記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項22】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含有するIII-V族化合物より構成される、活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入する部分にSiO₂を積層し、エッチングを用いて前記SiO₂が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分にNを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、SiO₂を除去した後、今度は前記ダブルヘテロ構造の、電流を注入する部分にSiO₂を積層し、エッチングを用いて前記SiO₂が積層されていない部分のAlNを除去し、そのAlNが除去された部分に、前記Nを含有するIII-V族化合物よりも屈折率の大きい、Nを含有するIII-V族化合物を結晶成長させ、埋め込みヘテロ構造を有する半導体発光素子を作製することを特徴とする半導体発光素子の作製方法。

【請求項23】前記AlNを除去するのに水酸化カリウム等のアルカリ性水溶液によりウェットエッチングを行うことを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項24】活性層から見て基板と反対側のクラッド層がAlNであるダブルヘテロ構造について、前記AlN層中にGa₂Nからなる厚さ1000Å以下の層をはさみ、ダブルヘテロ構造の、電流を注入しない部分にSiO₂を積層し、エッチングを用いて前記SiO₂が積層されていない部分のAlNを除去することを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項25】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項26】エッチングしない部分に対する、Nを含有するIII-V族化合物の結晶成長と、エッチングする部分に対する、Nを含有するIII-V族化合物を結

晶成長させる順序を逆にすることを特徴とする請求項22記載の半導体発光素子の作製方法。

【請求項27】前記Nを含有するIII-V族化合物より構成されるダブルヘテロ構造の代わりに面発光型レーザ構造に対して行うことを特徴とする請求項26記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項28】サファイア基板と、前記サファイア基板上に作製された、Nを含むIII-V族化合物からなる面発光型レーザ構造において、III-V族化合物半導体の積層構造によって構成される、アンドープまたはp型ミラーを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項29】前記アンドープまたはp型ミラーにおいて、MgSとMgSeの積層構造によって構成されることを特徴とする請求項28記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、Nを含むIII-V族化合物からなる発光素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】次世代高密度情報処理技術のキーデバイスとして、レーザの短波長化が可能な、Nを含むIII-V族化合物半導体は注目を浴びている。

【0003】従来よりNを含むIII-V族化合物半導体より構成されるレーザ構造として、図9に示されている構造が知られている。この構造のキャビティ長は1mm、ストライプ幅0.5mmで、活性層がMQW構造であるダブルヘテロ構造を有することを特徴としている。この構造により発振波長410nm、しきい値電圧40V、しきい値電流20A、しきい値電流密度4kA/cm²、デューティ0.1%の室温パルス発振が実現している。

【0004】また、従来より、Nを含むIII-V族化合物からなる面発光レーザ(Surface-Emitting Laser、略してSEL)構造として、図10に示すような構造が知られている(Tohru Honda et.al.; Japan Journal of Applied Physics Vol.34(1995)pp.3527-3532)。

【0005】また、従来より、図9、図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造またはレーザ構造を製造する技術として、再成長前にドライエッチングを行って電流注入層を形成する方法が採用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】Nを含むIII-V族化合物半導体より構成されるレーザ構造に関する技術には、次にあげる2つの問題があった。

【0007】1つ目は、上記図9に示すようなレーザ構造は、ストライプ幅が0.5mmで広く、電流狭窄が困難であり、そのためにしきい値電流が20Aと非常に大きくなり、レーザの室温連続発振は困難であった。

【0008】2つ目は、上記図9に示すようなレーザ構

5

造は、ストライプ幅が0.5mmで広く、横方向の屈折率差がつかず、横モード制御ができない。そのため、光情報記録・再生用のレーザとしての単一横モード発振を実現することはできなかった。

【0009】また、前記の、Nを含むIII-V族化合物半導体より構成される面発光レーザ構造に関する技術には、次にあげる2つの問題があった。

【0010】1つ目は、上記図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造は、結晶再成長によってミラーを作製する際に成長温度を室温から1000℃以上に上げなければならず、そのため熱歪による結晶性の劣化が生じるという問題があった。

【0011】2つ目は、上記図10に示すような、Nを含むIII-V族化合物からなるSEL構造に関して活性層に $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ を用いた場合、結晶再成長の際に成長温度1000℃以上に上げるために、活性層のInの脱離が起きやすいという問題があった。

【0012】そこで本発明は、電流狭窄及び単一横モード閉じ込めを実現し、しきい値電流が従来より低い、Nを含有するIII-V族化合物より構成される半導体発光素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明のレーザ構造またはSEL構造の作製は、図6に示されている有機金属気相エピタキシャル装置を用い、有機金属気相エピタキシャル成長法により行われるものである。

【0014】また、本発明のレーザ構造を製造する際、III-V族化合物の結晶成長は図7に示される分子線エピタキシャル成長装置を用い、分子線エピタキシャル成長法により行われるものである。

【0015】そこで本件発明者は、Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造及びそれを製造する技術として、以下(1)～(6)に示す技術を考案した。

【0016】(1) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の電極のまわりをリッジまたはメサ上にエッチングを施し、エッチングされた部分に、電流を注入する部分よりも横方向の実効屈折率が小さな、Nを含むIII-V族化合物で積層し、埋め込み構造を持たせる。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。さらに、横方向の実効屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。

【0017】(2) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の電極のまわりをリッジまたはメサ上にエッチングを施し、エッチングされた部分に、電流を注入する部分よりも横方向の実効屈折率が小さな、III-V族化合物で積層し、埋め込み構造を持たせる。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。さらに、横方向の実効屈折率差が生じるので単一横モード閉じ込めが実現する。また、III-V族化合物

6

物は成長温度が400℃以下と低く、再成長時に活性層のInの脱離が起こらない。

【0018】(3) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の、p型クラッド層をAlNにより作製し、電極部分のAlNをエッチングし、セルフアラインド構造して電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差をつける。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。また、単一横モード閉じ込めが実現する。

【0019】(4) Nを含むIII-V族化合物からなるレーザ構造の、p型クラッド層をAlNにより作製し、電極部分のAlNをエッチングし、その上にp型のNを含むIII-V族化合物からなる層を結晶成長してセルフアラインド構造して電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差をつける。そうすることにより、電流狭窄が実現し、しきい値電流が低下する。また、単一横モード閉じ込めが実現する。

【0020】(5) 前記(1)～(4)のレーザ構造またはSEL構造を製造する方法として、まず電流を注入しない部分に SiO_2 等の酸化物をマスクとして積層し、エッチングを用いて電流を注入する部分の、活性層からみて基板と反対側のクラッド層を除去する。その後 SiO_2 等のマスクを王水等のエッチングで除去し、Nを含むIII-V族化合物を結晶成長し、埋め込みヘテロ構造を持った半導体レーザを作製する。特に、基板と反対側のクラッド層にAlNを用いれば、水酸化カリウムのようなアルカリ性水溶液によってAlNを除去することができ(J. R. Mileham. et. al. ; Appl. Phys. Lett. 67 (1995) 1119)、さらに電流を注入しない部分のAlNと電流を注入する部分のp型クラッド層との屈折率差を大きくとることができる。そうすればドライエッチングを行う際に数100eVに加速されたハロゲンガスをを用いることによる結晶性の劣化の心配がなくなる。

【0021】(6) 前記(6)の、特にAlN層を含むレーザ構造に対して、AlN層中の決まった位置に厚さ1000Å以下のGa₂N層を入れる。そうすれば水酸化カリウムのようなアルカリ性水溶液によりAlN層を所定の厚さまでエッチングすることができ、埋め込み構造を作製する際の埋め込み層の層厚を制御して単一横モード閉じ込めレーザを歩留まり良く作製することが可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の半導体発光素子およびその製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0023】(実施の形態1) 図1、図6および図8を参照しながら説明する。まず最初に有機溶媒による洗浄及び前処理を施した、n型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66上に置き、リアクター67内に投入する。

7

【0024】次にリアクター74内を圧力70 Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後n型SiC(0001)基板1の温度を540℃まで下げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、68を開け、トリメチルアルミニウム5.5 sccm、アンモニア2.5 l/min、シラン12.5 sccmを流し、n型AlNバッファ層2を300 Å積層する。

【0025】n型AlNバッファ層2を積層した後、n型SiC(0001)基板1の温度を1030℃まで上げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、68を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/min、シラン12.5 sccmを流し、層厚1.5 μmのn型Al_{0.2}Ga_{0.8}N3を積層する。

【0026】n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N3を積層した後、トリメチルアルミニウム及びシランのガス供給ライン70、68を閉じ、トリメチルガリウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ69、71を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を1000 Å積層する。

【0027】アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を積層した後、n型SiC(0001)基板1の温度を680℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルインジウム27 sccm、アンモニア10 l/minを流し、アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を100 Å積層する。

【0028】アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を100 Å積層した後、トリメチルインジウムのガス供給ラインのバルブ73を閉じ、n型SiC(0001)基板1の温度を1030℃まで上げ、トリメチルガリウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ69、71を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を1000 Å積層する。

【0029】アンドープGa_{0.9}In_{0.1}N活性層5を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブ69を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/minを流し、層厚1.0 μmのn型AlN層8を積層する。

【0030】アンドープAlN層8を積層した後、いっ

8

たん成長を終了して基板1をリアクター74の外に取り出す。

【0031】次に基板1に幅5 μmの領域を残して厚さ1000 ÅのSiO₂81でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層8を除去する。その後、SiO₂81マスクをはがし、アンドープAlN層8を除去した基板1をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0032】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層8を除去された基板1をリアクター74の中に入れ、成長室74内を圧力70 Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板1を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板1の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7 sccm、トリメチルアルミニウム8.7 sccm、アンモニア2.5 l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0 sccmを流し、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層7を1.0 μm積層し、リッジ状にAlN層8を埋め込んだレーザ構造11を製造し、結晶成長を終了する。

【0033】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70 Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板1の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板1の温度を室温まで戻し、レーザ構造11が積層されたSiC(0001)基板1を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外へ取り出す。

【0034】最後にレーザ構造11が積層されたSiC基板1に対して、基板1裏面にインジウム9、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層7の表面に厚さ1000 Åのニッケル及び金10を蒸着させ、基板1をキャビティ長1 mmにへき開いて半導体レーザ12を完成させる。

【0035】本発明の、上記レーザ12の特性を以下に述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層3、7のキャリア密度は1×10¹⁸/cm³、移動度はp型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層3、7それぞれ10 cm²/V·s、250 cm²/V·sであり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層3、7が製造されている。また、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層7とAu/Ni10の間でオーミック接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板1とインジウム9との間にもオーミック接触が実現している。

【0036】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410 nmである。埋め込み層にAlN層8

を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.1と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザの内部損失は 5 cm^{-1} 、共振器における損失は 20 cm^{-1} である。さらにしきい値電流密度は $800\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。本発明のレーザはAlNの埋め込み層8を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザ#に比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり10が小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。

【0037】なお、SiC基板の代わりに Al_2O_3 、 ZnO 、 LiAlO_2 等の酸化物基板を用いても同様な結果が得られる。また、ジャスト基板の代わりに、例えば(0001)面の面方位が[11-20]方向に傾いたOFF基板を用いても同様な結果が得られる。

【0038】また、AlNを除去するのに水酸化カリウム20を用いたが、水酸化ナトリウムを用いても同様な結果が得られる。さらに、リッジ状にAlN層8を埋め込んだ構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。

【0039】セルフアラインド構造を図11に示す。p型クラッド層7上にアンドープAlN層8aが形成され、このAlN層8aは高抵抗なので電流が流れず、電流は、アンドープAlN層8aの形成されていない領域上の電極10から注入される。このような構造をここではセルフアラインド構造とよんでいる。

【0040】(実施の形態2)図2を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理から $\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.1}\text{N}$ 活性層17をはさんで基板13と反対側のアンドープGa30N光ガイド層18を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0041】アンドープGaN光ガイド層18を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブを閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニア及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブを開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、層厚0.1μmのp型AlN層20を積層する。

【0042】p型AlN層20を積層した後、トリメチルアルミニウムのバルブを閉じ、トリメチルガリウム、アンモニア及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、71、72を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、層厚500Åのp型Ga40N層21を積層

する。

【0043】p型GaN層21を積層した後、トリメチルガリウム及びシクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ72を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、層厚0.9μmのアンドープAlN層22を積層する。アンドープAlN層22を積層した後、いったん成長を終了して基板13をリアクター74の外に取り出す。

【0044】次に基板13上のAlN層22の上に、幅10μmの領域を残して厚さ1000Åの SiO_2 でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてマスク上のアンドープAlN層22を除去する。その後、 SiO_2 マスクをはがし、アンドープAlN層22を除去した基板13をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0045】有機物の洗浄を行った後、再びマスク上のアンドープAlN層22を除去された基板13を有機金属気相エピタキシャル成長装置の中に入れ、成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板13を炭素製の基板ホルダごとヒータで1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。

【0046】その後、基板13の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、AlN層22の開口した部分に、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19を1.0μm積層し、AlGa30N層19がリッジ状になったレーザ構造25を製造し、結晶成長を終了する。

【0047】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板13の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーバントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板13の温度を室温まで戻し、レーザ構造25が積層されたSiC(0001)基板13を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外へ取り出す。

【0048】最後にレーザ構造25が積層されたSiC基板13に対して、基板13裏面にインジウム23、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19の表面に厚さ1000Åのニッケル及び金24を蒸着させ、基板13をキャビティ長1mmにへき開いてレーザ26を完成させる。

【0049】本発明の、上記レーザ26の特性を以下に

述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19、15のキャリア密度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、移動度はp型及びn型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 光ガイド層19、15それぞれ $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、 $250 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層19、15が製造されている。また、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ クラッド層19とNi/Au24の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板13とインジウム23との間にもオーム性接触が実現している。

【0050】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は 410 nm である。埋め込み層にAlN層22を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.1と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザ26の内部損失は 5 cm^{-1} 、共振器における損失は 20 cm^{-1} である。さらにしきい値電流密度は $800 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0051】本発明のレーザ26はAlNの埋め込み層22を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がりりが小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるの

である。

【0052】また、アンドープAlN層22を、厚さ500Åのp型Ga_{0.8}N層20の手前まで除去する。p型Ga_{0.8}N層21はエッチング停止層として働く。p型AlN層20が1000Åが除去されずに残っている。すなわちp型AlN層22の1000Åを正確に残しているので、単一横モード発振を実現するレーザのエッチングによる歩留まり率が改善する。

【0053】これにより、AlGa_{0.8}N層19とAlN層20との屈折率差が大きく、AlGa_{0.8}N層19のストライプ幅を小さくしてもレーザ光がマルチモードになっても、AlGa_{0.8}N層19の下に、AlN層20が形成することにより、ストライプ直下とストライプの外側との屈折率差を小さくするように調整でき、単一横モードを実現するためにAlN層20を最適化するだけでよく、単一横モードを実現する許容度が大きくなる。

【0054】なお、SiC基板の代わりにAl₂O₃、ZnO、LiAlO₂等の酸化物基板を用いても同様な結果が得られる。また、ジャスト基板の代わりにOFF基板を用いても同様な結果が得られる。

【0055】また、p型AlN層20の代わりにp型Al_{1-x}Ga_xN ($0 \leq x < 1$) 層を用いても同様な結果が得られる。また、AlNを除去するのに水酸化カリウム

を用いたが、水酸化ナトリウムを用いても同様な結果が得られる。さらに、AlGa_{0.8}N層19の両側にAlN層を形成した構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。セルフアラインド構造は、図11の通りである。

【0056】(実施の形態3) 図3を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理からGa_{0.9}In_{0.1}N活性層31をはさんで基板27と反対側のアンドープGa_{0.8}N光ガイド層32を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0057】アンドープGa_{0.8}N光ガイド層32を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブ69を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、図示していないが、層厚1.0μmのアンドープAlN層を積層する。

【0058】アンドープAlN層を積層した後、いったん成長を終了して基板27を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外に取り出す。

【0059】次に基板27に、幅5μmの開口を有し、厚さ1000ÅのSiO₂でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去して、AlN層に開口部を形成する。その後、マスクをしていない部分のアンドープAlN層を除去した基板27をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0060】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板27をリアクター74の中に入れ、リアクター74内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板27を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板27の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、AlN層の開口部に、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34を1.0μm積層して埋め込む。

【0061】AlN層中にAlGa_{0.8}Nクラッド層34を埋め込んだレーザ構造38の基板27を、リアクター74の外に取り出す。基板27に対し、幅5μmの、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34が積層されている領域に、厚さ1000ÅのSiO₂でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去する。その後、

SiO₂マスクをはがし、アンドープAlN層を除去した基板34をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。これにより、AlGa Nクラッド層34がリッジ状になった構造が得られる。ここで用いたAlN層は、レーザ構造の一部として用いるのではなく、レーザ構造を形成するためのダミー膜として用いている。

【0062】有機物の洗浄を行った後、再び、ダミー膜である、アンドープAlN層を除去した基板27を、今度は成長室80の中に入れ、成長室80内の真空度を10⁻¹⁰Torrにし、モリブデンブロック76に貼り付けられたn型SiC(0001)基板27を600℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分

子等を取り除く。
【0063】その後、基板27の温度を300℃まで下げ、800℃にまで加熱されたMgSのセル78を開け、5×10⁻⁷Torrのビームフラックスをを基板27に照射し、アンドープMgS35で埋め込んだレーザ構造38を製造し、再び結晶成長を終了する。その後基板27を成長室80の外へ取り出す。

【0064】その後、リアクター74の中に入れ、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板27の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板27の温度を室温まで戻し、レーザ構造#が積層されたSiC(0001)基板27を有機金属気相エピタキシャル成長装置の外へ取り出す。

【0065】最後にレーザ構造38が積層されたSiC基板27に対して、基板#裏面にインジウム36、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34の表面に厚さ1000ÅのNi/Au37を蒸着させ、基板27をキャビティ長1mmにへき開してレーザ39を完成させる。

【0066】本実施例では、埋め込みにアンドープMgS層を用いている。この成長は、温度を300℃で成長できるので、埋め込みのために成長温度を高温にする必要がなく、レーザ結晶に熱履歴がかからず、結晶の品質の低下を防止できる。

【0067】本発明の、上記レーザ39の特性を以下に述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34、29のキャリア密度は1×10¹⁸/cm³、移動度はp型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34、29それぞれ10cm²/V・s、250cm²/V・sであり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層34、29が製造されている。また、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層34とNi/Au37の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板27とインジウム36との間にもオーム性接触が実現している。

【0068】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410nmである。埋め込み層35にクラッド層34よりも屈折率の小さなMgS層を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.05と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザの内部損失は5cm⁻¹、共振器における損失は20cm⁻¹である。さらにしきい値電流密度は800cm²/V・sと、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0069】本発明のレーザはAlN埋め込み層を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、AlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。また、結晶成長温度が300℃と低いので、再成長時に活性層のInの脱離が起こらず、レーザ特性が設計値通りに製造しやすく、レーザ製造上において歩留まり率が向上する。

【0070】さらに、リッジ状にMgS層を埋め込んだ構造の代わりにセルフアラインド構造を採用しても同様な結果が得られる。また、埋め込み材料にMgSを用いたが、MgSeを用いても同様な結果が得られる。

【0071】(実施の形態4)図4、図12を用いて説明する。有機溶媒による洗浄及び前処理からGa_{0.9}In_{0.1}N活性層44をはさんで基板と反対側のアンドープGa N光ガイド層45を積層するまでの工程は、実施の形態1と同じである。

【0072】アンドープGa N光ガイド層45を積層した後、トリメチルガリウムのガス供給ラインのバルブ69を閉じ、トリメチルアルミニウム、アンモニアのガス供給ラインのバルブ70、71を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/minを流し、層厚1.0μmのアンドープAlN層を積層する。アンドープAlN層を積層した後、いったん成長を終了して基板40をリアクター74の外に取り出す。

【0073】次に基板40に幅5μmの開口領域を残して、厚さ1000ÅのSiO₂でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてマスクをしていないアンドープAlN層を除去する。その後、アンドープAlN層を除去した基板40をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0074】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板40を有機金属気相エピタキシャル成長装置の中に入れ、成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板40を炭素製の基板ホルダ67ごとヒータで1

090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板40の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46を1.0μm積層し、AlN層中にAlGa_{0.8}N層46が埋め込まれたレーザ構造を製造し、再び結晶成長を終了する。

【0075】次に、幅5μmのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46が積層されている領域に、厚さ1000ÅのSiO₂でマスクをし、水酸化カリウムの飽和水溶液中に入れて100℃まで加熱し、10分間かけてアンドープAlN層を除去する。その後、SiO₂マスクをはがし、基板40をイオン化されていない純水で水洗し、メタノール等の有機物で洗浄を行う。

【0076】有機物の洗浄を行った後、再びアンドープAlN層を除去された基板40をリアクター74の中に入れ、成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板40を炭素製の基板ホルダ67ごとヒータで1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板の温度を1030℃まで下げ、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジエニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.5l/min、シクロペンタジエニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層47を1.0μm積層し、AlGa_{0.8}N層46をアンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}N層47で埋め込んだレーザ構造を製造し、再び結晶成長を終了する。

【0077】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板40の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板40の温度を室温まで戻し、レーザ構造48が積層されたSiC(0001)基板40をリアクター74の外へ取り出す。

【0078】最後にレーザ構造50が積層されたSiC基板40に対して、基板50裏面にインジウム48、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46の表面に厚さ1000ÅのNi/Au49を蒸着させ、基板40をキャビティ長1mmにへき開してレーザを完成させる。

【0079】本発明の、上記レーザの特性を以下に述べ

る。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46、42のキャリア密度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、移動度はp型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46、42それぞれ $10 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、 $250 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であり、十分抵抗率の小さいp型及びn型クラッド層46、42が製造されている。また、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層46とNi/Au49の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板40とインジウム48の間にもオーム性接触が実現している。

【0080】次に光学的特性について述べる。レーザの発振波長は410nmである。埋め込み層47にクラッド層46よりも屈折率の小さなAl_{0.3}Ga_{0.7}N層を用いているので電流を注入する部分と注入しない部分との間の、横方向の実効屈折率差が0.05と大きくなり、単一横モード発振を実現する。端面の反射率はフロント、リアとも22%である。またレーザ#の内部損失は 5 cm^{-1} 、共振器における損失は 20 cm^{-1} である。さらにしきい値電流密度は $800 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ と、従来より知られているレーザのしきい値電流密度の1/5である。

【0081】本発明のレーザは、AlGa_{0.8}Nの埋め込み層を用いているので、電流狭窄が容易であり、従来のレーザに比べてp型またはn型クラッド層における電流拡がり小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下するのである。また、ダミー層であるAlNを除去するのにドライエッチングを用いていないのでレーザとしての内部損失が小さくなり、それがしきい値電流密度の低下につながるのである。

【0082】埋め込み層であるAlGa_{0.8}N層47は、AlGa_{0.8}N層46よりもAlの組成が大きく屈折率が小さいので、レーザ光もAlGa_{0.8}N層46の方へ閉じ込められることになり、屈折率導波を実現できる。

【0083】(実施の形態5)まず最初に有機溶媒による洗浄及び前処理を施され、n型SiC(0001)基板51を炭素製の基板ホルダ66上に置き、リアクター74内に投入する。

【0084】次に成長室内を圧力70Torrの水素で満たし、水素雰囲気中でn型SiC(0001)基板51を炭素製の基板ホルダ66ごとヒータ67で1090℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後SiC(0001)基板51の温度を540℃まで下げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、72を開け、トリメチルアルミニウム5.5sccm、アンモニア2.5l/min、シラン12.5sccmを流し、n型AlNバッファ層52を300Å積層する。

【0085】次に層厚414Åのn型AlN53、層厚355Åのn型Al_{0.2}Ga_{0.8}N54を交互に20回繰

17

り返して作製したn型の導電性を持つミラー56の作製について述べる。n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層53の層厚を414Å、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層54の層厚を355Åにとるのは、それぞれの層厚が、層内での発振波長の1/4であり、活性層で発生するレーザ光に対する反射率が最大になるからである。n型GaNバッファ層52を積層した後、SiC(0001)基板51の温度を1030℃まで上げ、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ70、71、72を開け、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型AlN層53を414Å積層する。次にトリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層54を355Å積層する。このn型AlN層53とn型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層54とを交互に20回繰り返して成長し、n型AlN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nミラー56を作製する。

【0086】続いて、GaN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nダブルヘテロ構造57、58、59の作製について述べる。n型AlN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nミラー56を作製した後、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シランのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シラン12.5sccmを流し、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層57を2000Å積層する。続いてトリメチルアルミニウム及びシランのガス供給ラインのバルブを閉じ、トリメチルガリウムの流量を5.5sccmとし、アンドープGaN活性層58を1000Å積層する。その後、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アンモニア、シクロペンタジフェニルマグネシウムのガス供給ラインのバルブ69、70、71、72を開け、トリメチルガリウム2.7sccm、トリメチルアルミニウム8.7sccm、アンモニア2.51/min、シクロペンタジフェニルマグネシウム5.0sccmを流し、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層59を2000Å積層する。

【0087】その後、水素のガス供給ラインのバルブのみを開け、圧力70Torrの水素雰囲気中でSiC(0001)基板51の温度を700℃に設定し、1時間アニールを行い、p型のドーパントであるマグネシウムを活性化する。アニール終了後、SiC(0001)基板51の温度を室温まで戻し、SiC(0001)基板51をリアクター74の外へ取り出す。

【0088】有機金属気相エピタキシャル成長装置より取り出した基板を、今度は今度は成長室80内の真空度

18

を10⁻¹⁰Torrにし、モリブデンブロック76に貼り付けられたn型SiC(0001)基板51を600℃まで加熱し、表面に付着している吸着ガスや酸化物、水分子等を取り除く。その後、基板の温度を300℃まで下げ、800℃にまで加熱されたMgS及びMgSeのセル78、79を開け、それぞれ交互に5×10⁻⁷Torrのビームフラックスを基板51に照射し、層厚400Åのp型MgS60、層厚350Åのp型MgSe61を交互に20回繰り返して作製し、p型ミラーMgS/MgSe62を製造し、再び結晶成長を終了する。その後基板80の外へ取り出す。

【0089】SiC(0001)基板51を外へ取り出した後、直径10μmのマスキをかけ、厚さ1000ÅのSiO₂マスクをかぶせる。その後基板51を重クロム酸カリウムを用いてSiO₂マスクをかぶせていない部分のp型MgS/MgSeミラー62をすべて取り除く。

【0090】最後にレーザ構造が積層されたSiC(0001)基板51に対して、基板51裏面にインジウム63、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層59の表面に厚さ1000ÅのAu/Ni64を蒸着させ、基板51をへき開いて面発光レーザを完成させる。

【0091】本発明の、上記面発光レーザの特性を以下に述べる。まず電気的特性について述べる。p型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層59、57のキャリア密度は1×10¹⁸/cm³、n型AlN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nミラー56のキャリア密度は1×10¹⁸/cm³であり、移動度はp型及びn型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層59、57、n型AlN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nミラー56がそれぞれ10cm²/V·s、250cm²/V·s、250cm²/V·sであり、十分抵抗率の小さいp型及びn型光ガイド層59、57、n型及びp型ミラー56が作製されている。また、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N光ガイド層59とNi/Au64の間でオーム性接触が実現し、さらに裏面のn型SiC基板51とインジウム63との間にもオーム性接触が実現している。

【0092】次に光学的特性について述べる。面発光レーザの発振波長は364nmである。n型AlN/Al_{0.2}Ga_{0.8}Nミラー56及びp型MgS/MgSeミラー62の反射率はそれぞれ99%である。また面発光レーザの活性層における損失は10cm⁻¹、共振器における損失は10cm⁻¹である。さらにしきい値キャリア密度は10¹⁹/cm³であり、従来より知られているサファイア(0001)基板上に積層された面発光レーザと比べて遜色がない。

【0093】また、本発明の面発光レーザは導電性の基板を用いているので、基板裏面を通して電流を流すことができ、従来の面発光レーザに比べてミラー領域における電流密度が小さくなり、その結果しきい値電流密度が低下する。また、p型ミラーに成長温度の低いMgS

／MgSeを用いており、さらにp型ミラーの除去に際してドライエッチングは行っていないので、レーザ素子に与える劣化などの影響は小さく、従来よりも信頼性の高い面発光レーザが得られる。

【0094】なお、また、ジャスト基板の代わりにOF F基板を用いても同様な結果が得られる。

【0095】

【発明の効果】本発明の、レーザまたはSEL構造及びその製造方法により、従来のレーザ構造よりもしきい値電流が低下し、単一横モード閉じ込めが実現し、素子としての信頼性の高い、歩留まり率の良いものが得られることが明らかとなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図2】本発明の第2の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図3】本発明の第3の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図4】本発明の第4の実施の形態における発光素子に関する構造断面図

【図5】本発明の第5の実施の形態における発光素子に

関する構造断面図

【図6】本発明の半導体発光素子を製造する有機金属気層エピタキシャル成長装置の構造断面図

【図7】本発明の半導体発光素子を製造する分子線エピタキシャル成長装置の構造断面図

【図8】本発明の半導体発光素子に関するプロセスを表す図

【図9】従来の半導体発光素子に関する構造断面図

【図10】従来の面発光レーザに関する構造断面図

【図11】本発明の実施の形態における発光素子の構造断面図

【図12】本発明の実施の形態における発光素子の製造工程断面図

【符号の説明】

8 アンドープAlN層

20 p型AlN層

21 アンドープAlN層

22 p型AlN層

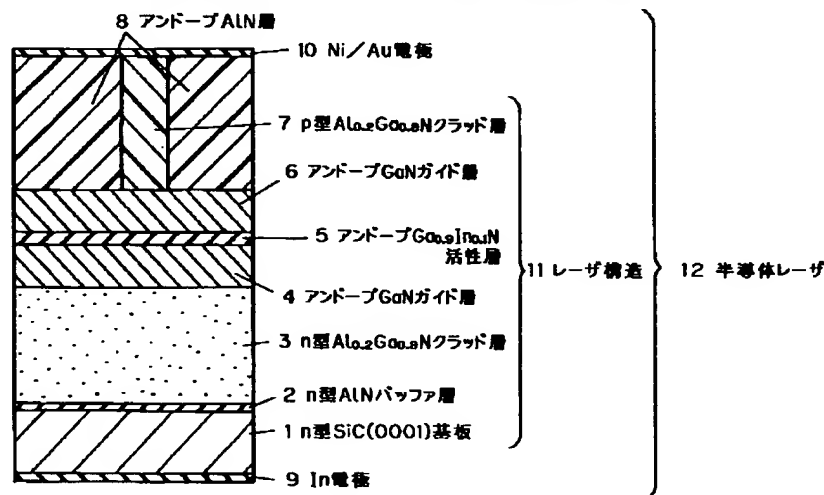
35 アンドープMgS層

47 アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}N層

62 MgSe/MgSミラー

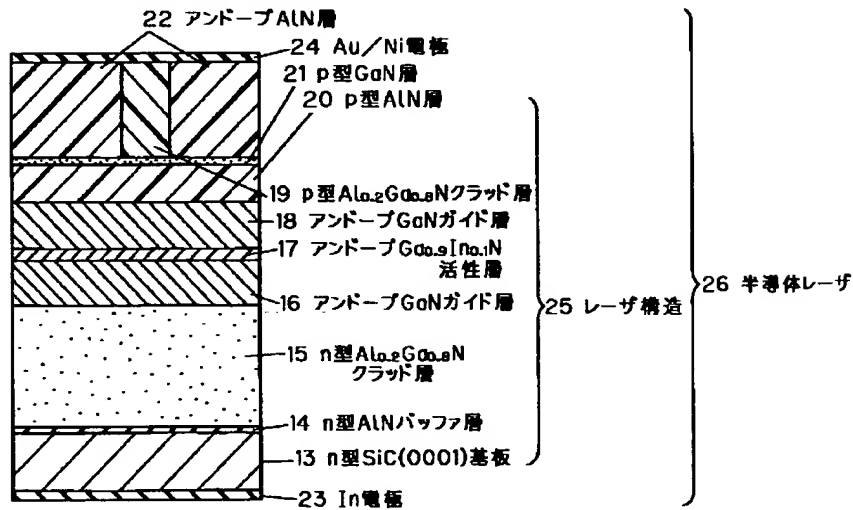
【図1】

本発明の、第1の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



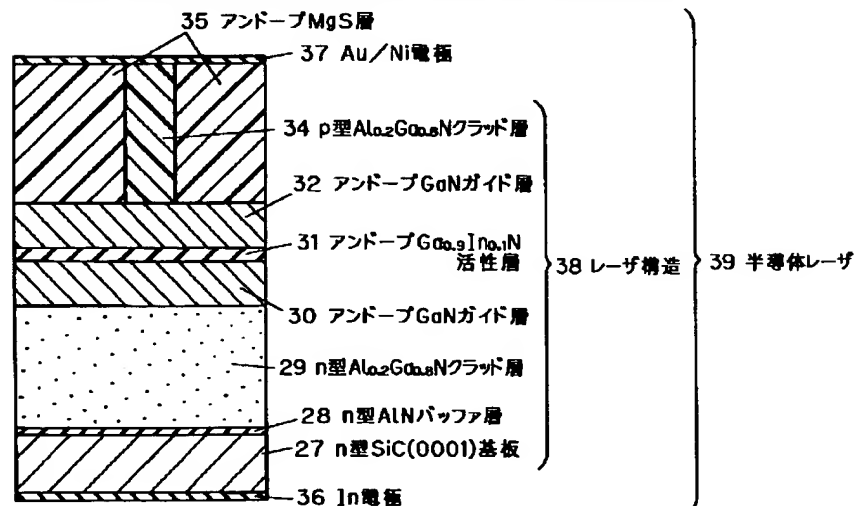
【図2】

本発明の、第2の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



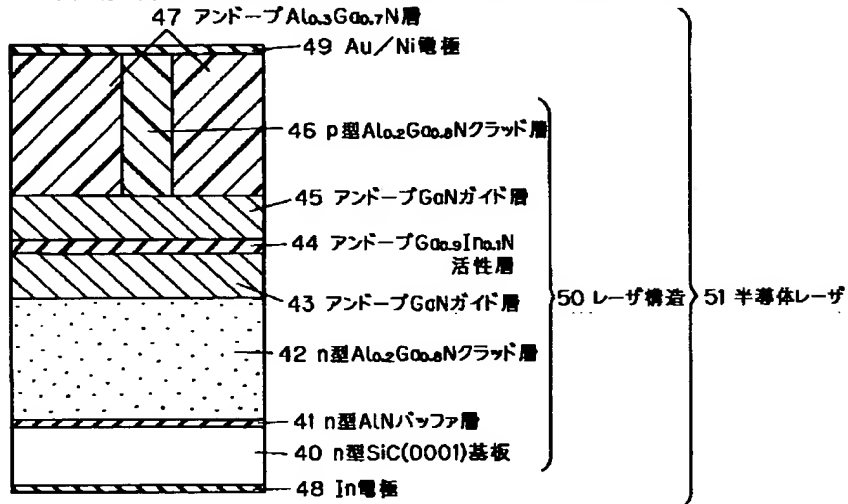
【図3】

本発明の、第3の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



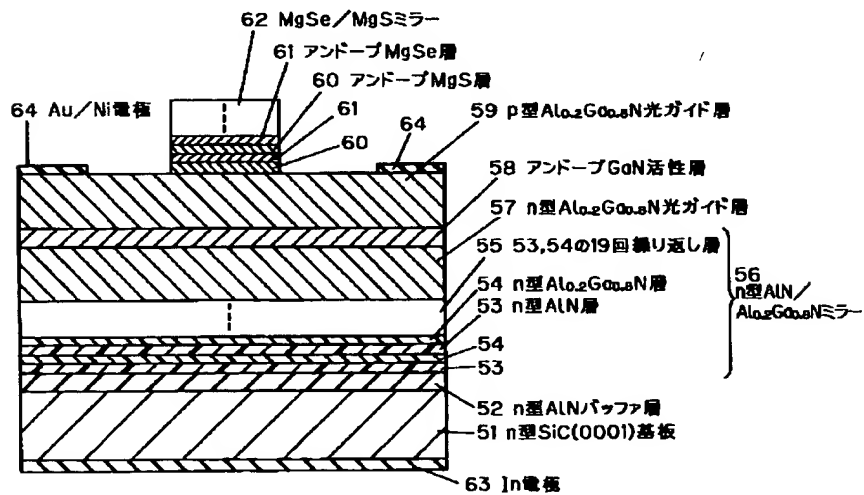
【図4】

本発明の、第4の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



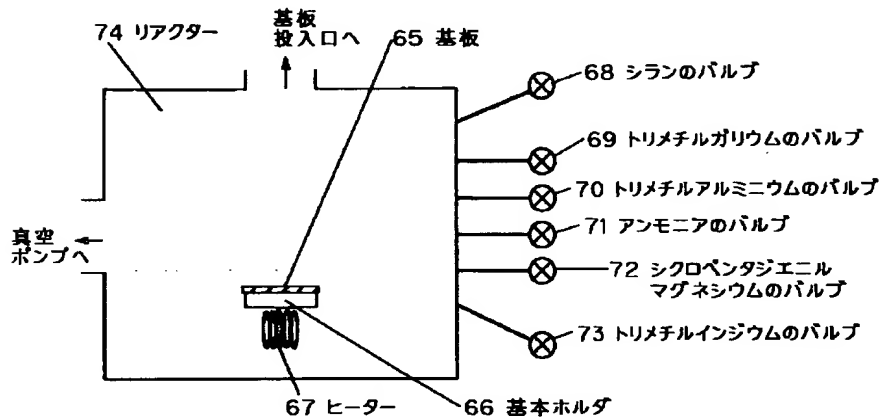
【図5】

本発明の、第5の実施の形態における半導体発光素子の構造断面図



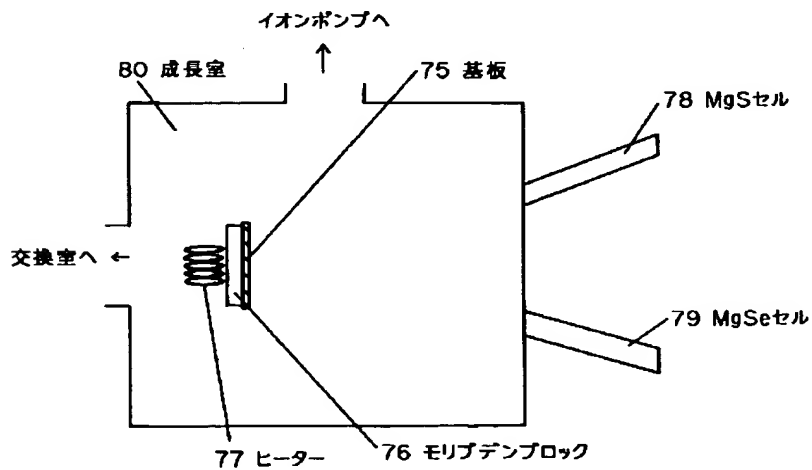
【図6】

本発明の半導体発光素子を製造する有機金属気相エピタキシャル成長装置



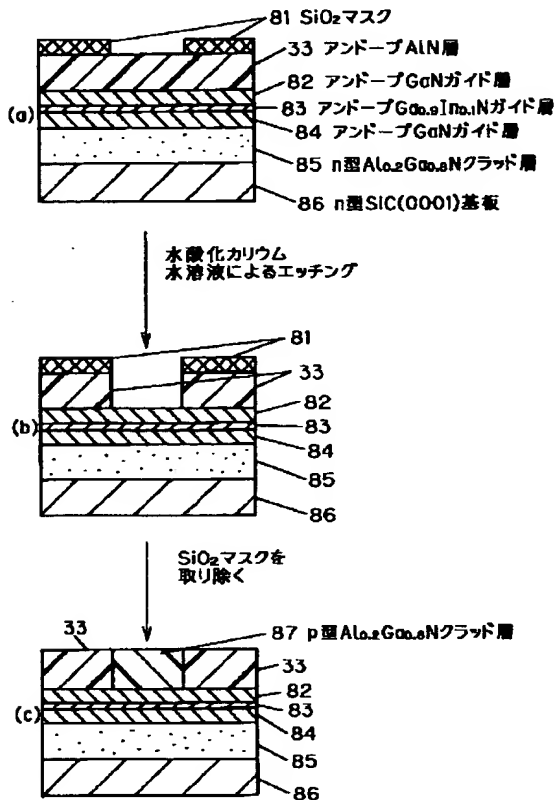
【図7】

本発明の半導体発光素子を製造する分子線エピタキシャル成長装置



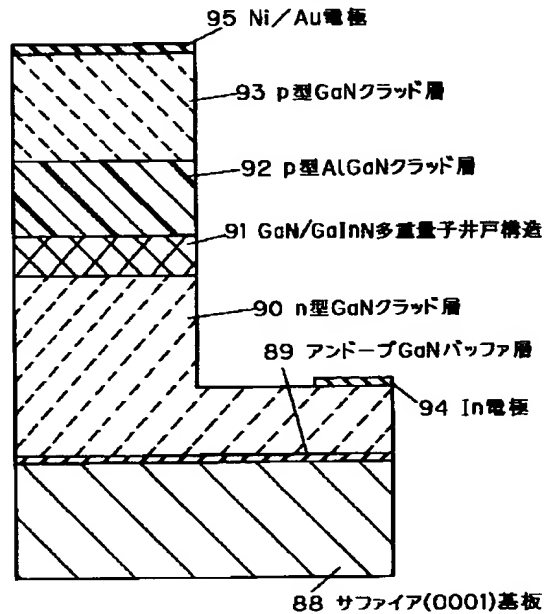
【図8】

本発明の半導体発光素子に関するプロセスを表す図



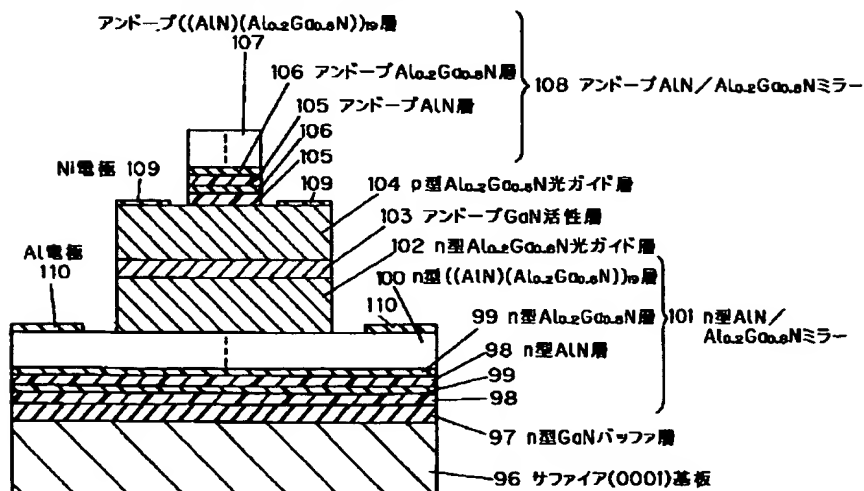
【図9】

従来の半導体発光素子の構造断面図

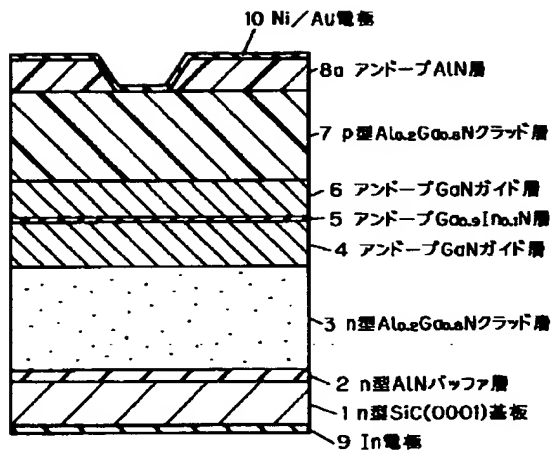


【図10】

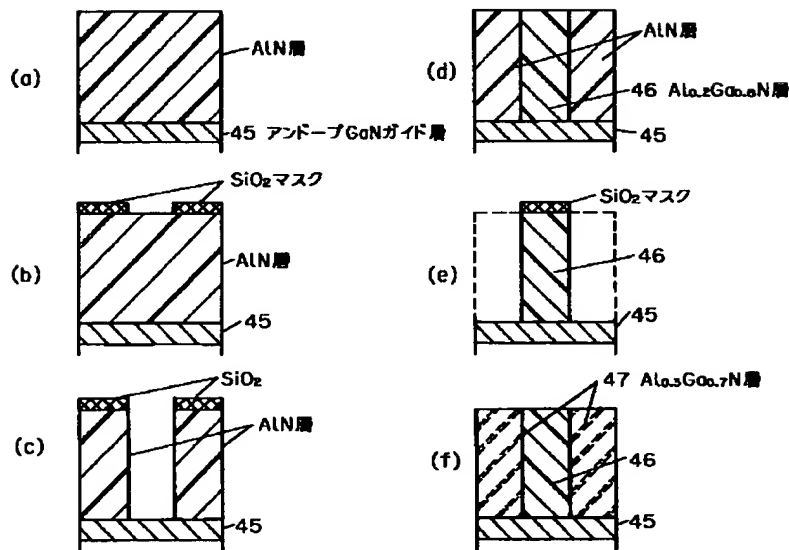
従来の面発光レーザの構造断面図



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 伴 雄三郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the light emitting device which consists of a III-V group compound containing N.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a key device of next-generation high-density information processing technology, the III-V group compound semiconductor containing N in which short-wavelength-izing of laser is possible is capturing the spotlight.

[0003] The structure shown in drawing 9 is known as laser structure which consists of III-V group compound semiconductors which contain N conventionally. The cavity length of this structure is 0.5mm in 1mm and stripe width of face, and it is characterized by having the double hetero structure where a barrier layer is MQW structure. Oscillation wavelength [of 410nm], threshold voltage 40V, and threshold current 20A, threshold current density 4 kA/cm², and duty 0.1% of room temperature pulse oscillation are realized according to this structure.

[0004] Moreover, structure as shown in drawing 10 is known as surface emission-type laser (Surface-Emitting Laser, omitting SEL) structure which consists of a III-V group compound containing N conventionally (Tohru Honda et.al.; Japan Journal of Applied Physics Vol.34(1995) pp.3527-3532).

[0005] Moreover, the method of performing dry etching and forming a current pouring layer before regrowth, as technology of manufacturing the SEL structure or laser structure which consists of a III-V group compound which contains N as shown in drawing 9 and drawing 10 conventionally, is adopted.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There were two next problems in the technology about the laser structure which consists of III-V group compound semiconductors containing N.

[0007] Laser structure as shown in above-mentioned drawing 9 had wide stripe width of face at 0.5mm, a current constriction is difficult and the 1st was [for the reason, threshold current became very large with 20A, and] difficult for the room temperature continuous oscillation of laser.

[0008] The laser structure where the 2nd is shown in above-mentioned drawing 9 has wide stripe width of face at 0.5mm, and a lateral refractive-index difference does not attach it, and it cannot perform transverse-mode control. Therefore, the single-transverse-mode oscillation as laser for optical information record / reproduction was unrealizable.

[0009] Moreover, there were two next problems in the technology about the surface emission-type laser structure which consists of III-V group compound semiconductors containing the aforementioned N.

[0010] When the SEL structure which consists of a III-V group compound containing N as shown in above-mentioned drawing 10 produced a mirror by crystal regrowth, it had to raise growth temperature from the room temperature to 1000 degrees C or more, therefore the 1st had the problem that crystalline degradation by the thermal strain arose.

[0011] The 2nd had the problem that desorption of In of a barrier layer tends to occur, in order to raise to the growth temperature of 1000 degrees C or more in the case of crystal regrowth, when In_xGa_{1-x}N is used for a barrier layer about the SEL structure which consists of a III-V group compound containing N as shown in above-mentioned drawing 10.

[0012] Then, this invention realizes a current constriction and eye single-transverse-mode *****, and aims to let threshold current offer conventionally a low and the semiconductor light emitting device by which III-V group compounds containing N are consisted of.

[0013]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, production of the laser structure of this invention or SEL structure is performed by the organic-metal gaseous-phase epitaxy SHARU grown method using the organic-metal gaseous-phase epitaxy SHARU equipment shown in drawing 6.

[0014] Moreover, in case the laser structure of this invention is manufactured, the crystal growth of an II-VI group compound is performed by the molecular-beam epitaxial grown method using the molecular-beam epitaxial growth system shown in drawing 7

[0015] then, this artificer considered as the technology of manufacturing the laser structure and it which consist of a III-V group compound containing N, and devised the technology shown in (1) - (6) below

[0016] (1) Etch the surroundings of the electrode of the laser structure which consists of a III-V group compound containing N on a ridge or a mesa, and rather than the portion which injects current into the portion into which it *****ed, a lateral

effective refractive index carries out a laminating with the small III-V group compound containing N, and gives an embedded structure. By doing so, a current constriction is realized and threshold current falls. Furthermore, since a lateral effective-refractive-index difference arises, eye single-transverse-mode ***** is realized.

[0017] (2) Etch the surroundings of the electrode of the laser structure which consists of a III-V group compound containing N on a ridge or a mesa, and rather than the portion which injects current into the portion into which it *****ed, a lateral effective refractive index carries out a laminating with a small II-VI group compound, and gives an embedded structure. By doing so, a current constriction is realized and threshold current falls. Furthermore, since a lateral effective-refractive-index difference arises, eye single-transverse-mode ***** is realized. Moreover, an II-VI group compound has growth temperature as low as 400 degrees C or less, and desorption of In of a barrier layer does not take place at the time of regrowth.

[0018] (3) Produce p type clad layer of the laser structure which consists of a III-V group compound containing N by AlN, and give the lateral effective-refractive-index difference between the portion which *****, carries out selfer RAINDO structure of the AlN of electrode section, and pours in current, and the portion which is not poured in. By doing so, a current constriction is realized and threshold current falls. Moreover, eye single-transverse-mode ***** is realized.

[0019] (4) Produce p type clad layer of the laser structure which consists of a III-V group compound containing N by AlN, ***** AlN of electrode section, and give the lateral effective-refractive-index difference between the portion which carries out the crystal growth of the layer which consists of a III-V group compound containing p type N, carries out selfer RAINDO structure, and pours in current on it, and the portion which is not poured in. By doing so, a current constriction is realized and threshold current falls. Moreover, eye single-transverse-mode ***** is realized.

[0020] (5) The above (1) It carries out a laminating to the portion which does not pour in current probably as a method of manufacturing the laser structure or SEL structure of - (4), using the oxide of SiO₂ grade as a mask, and a substrate and the clad layer of an opposite side are removed, in view of the barrier layer of the portion which pours in current using etching. The mask of SiO₂ grade is removed by etching of an aqua regia etc. after that, the crystal growth of the III-V group compound containing N is carried out, and semiconductor laser with embedding hetero structure is produced. If AlN is especially used for a substrate and the clad layer of an opposite side, alkaline solution like a potassium hydroxide can remove AlN (J. R.Mileham.et.al.;Appl.Phys.Lett.67 (1995) 1119), and the large refractive-index difference of AlN of the portion which does not pour in current further, and p type clad layer of the portion which pours in current can be taken. Then, in case dry etching is performed, worries about crystalline degradation by using the halogen gas accelerated by several 100eV disappear.

[0021] (6) Put a GaN layer with a thickness of 1000Å or less into the position where it was decided in the AlN layer to the laser structure containing especially an AlN layer of the above (6). Then, it becomes possible to be able to ***** an AlN layer by predetermined Mr. Atsushi by alkaline solution like a potassium hydroxide, to control the thickness of the embedding layer at the time of producing an embedded structure, and to produce single-transverse-mode ***** laser with the sufficient yield.

[0022]

[Embodiments of the Invention] It explains referring to a drawing about the semiconductor light emitting device and its manufacture method of this invention.

[0023] (Gestalt 1 of operation) It explains, referring to drawing 1, drawing 6, and drawing 8. The n type SiC (0001) substrate 1 which performed washing and pretreatment by the organic solvent first is placed on the substrate electrode holder 66 made from carbon, and it supplies in a reactor 67.

[0024] Next, the inside of a reactor 74 is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 1 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate electrode holder 66 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. The temperature of n type SiC (0001) substrate 1 ** is lowered to 540 degrees C after that, the bulbs 70, 71, and 68 of the gas supply line of a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylaluminum 5.5sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and 300Å laminating of the n type AlN buffer layer 2 is carried out.

[0025] After carrying out the laminating of the n type AlN buffer layer 2, the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is raised to 1030 degrees C, the bulbs 69, 70, 71, and 68 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and the laminating of n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N₃ of 1.5 micrometers of thickness is carried out.

[0026] After carrying out the laminating of n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N₃, a trimethylaluminum and the gas supply lines 70 and 68 of a silane are closed, the bulbs 69 and 71 of trimethylgallium and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylgallium 2.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and 1000Å laminating of the undoping GaN light-guide layer 4 is carried out.

[0027] After carrying out the laminating of the undoping GaN light-guide layer 4, the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is lowered to 680 degrees C, the bulbs 69 and 73 of trimethylgallium and the gas supply line of trimethylindium are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylindium 27sccm, and ammonia 10 l/min are passed, and 100Å laminating of the undoping Ga_{0.9}In_{0.1}N barrier layer 5 is carried out.

[0028] After carrying out 100Å laminating of the undoping Ga_{0.9}In_{0.1}N barrier layer 5, the bulb 73 of the gas supply line of trimethylindium is closed, the temperature of the n type SiC (0001) substrate 1 is raised to 1030 degrees C, the bulbs 69 and 71 of trimethylgallium and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylgallium 2.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and 1000Å laminating of the undoping GaN light-guide layer 6 is carried out.

[0029] After carrying out the laminating of the undoping GaN light-guide layer 6, the bulb 69 of the gas supply line of trimethylgallium is closed, the bulbs 70 and 71 of a trimethylaluminum and the gas supply line of ammonia are opened,

trimethylaluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and the laminating of the undoping AlN layer 8 of 1.0 micrometers of thickness is carried out.

[0030] After carrying out the laminating of the undoping AlN layer 8, growth is once ended and a substrate 1 is taken out besides a reactor 74.

[0031] Next, it leaves a field with a width of face of 5 micrometers to a substrate 1, and a mask is carried out by SiO₂81 with a thickness of 1000Å, and it puts in into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, it applies for 10 minutes, and the undoping AlN layer 8 is removed. Then, SiO₂81 mask is stripped, it rinses with the pure water which is not having the substrate 1 which removed the undoping AlN layer 8 ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0032] After washing the organic substance, the substrate 1 again removed in the undoping AlN layer 8 is put in into a reactor 74, the inside of a deposition chamber 74 is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 1 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate electrode holder 66 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. Then, the temperature of a substrate 1 is lowered to 1030 degrees C, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, 1.0-micrometer laminating of the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 7 is carried out, the laser structure 11 which embedded the AlN layer 8 in the shape of a ridge is manufactured, and a crystal growth is ended

[0033] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 1 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, annealing is performed for 1 hour, and the magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 1 is returned to a room temperature after an annealing end, and the SiC (0001) substrate 1 to which the laminating of the laser structure 11 was carried out is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0034] To the SiC substrate 1 by which the laminating of the laser structure 11 was carried out to the last, substrate 1 rear face is made to carry out the vacuum evaporatio of nickel with a thickness of 1000Å and the gold 10 to the front face of an indium 9 and the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 7, the cleavage of the substrate 1 is carried out to 1mm of cavity length, and semiconductor laser 12 is completed.

[0035] The property of the above-mentioned laser 12 of this invention is described below. An electrical property is described first. p type and the carrier density of the n type aluminum0.2Ga0.8N clad layers 3 and 7 are 1×10^{18} /cm³, mobility is p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 3, 7 of 10cm of each 2/V-s, and 250cm²/V-s, and p type with small enough resistivity and n type clad layers 3 and 7 are manufactured. Moreover, ohm nature contact was realized between the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 7 and Au/nickel10, and ohm nature contact is further realized also between the n type SiC substrate 1 on the back and an indium 9.

[0036] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since the AlN layer 8 is used for the embedding layer, the lateral effective-refractive-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.1, and a single-transverse-mode oscillation is realized. A front and rear ** of the reflection factor of an end face are also 22%. Moreover, loss [in / 5cm-1 and a resonator / in the internal loss of laser] is 20cm-1. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the threshold current density of 800cm²/V-s and the laser known from before. Since the laser of this invention uses the embedding layer 8 of AlN, a current constriction is easy, the current flare in p type or n type clad layer becomes small compared with conventional laser #, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density.

[0037] In addition, the same result is obtained even if it uses the oxide substrate of aluminum₂O₃, ZnO, and LiAlO₂ grade instead of a SiC substrate. Moreover, the same result is obtained even if the field direction of a field (0001) uses just the OFF substrate which inclined in the [11-20] direction instead of a substrate.

[0038] Moreover, although the potassium hydroxide was used for removing AlN, the same result is obtained even if it uses a sodium hydroxide. Furthermore, the same result is obtained even if it adopts selfer RAINDO structure instead of the structure which embedded the AlN layer 8 in the shape of a ridge.

[0039] Selfer RAINDO structure is shown in drawing 11 . Undoping AlN layer 8a is formed on p type clad layer 7, since this AlN layer 8a is high resistance, current does not flow, but current is poured in from the electrode 10 on the field in which undoping AlN layer 8a is not formed. Such structure is read with selfer RAINDO structure here.

[0040] (Form 2 of operation) It explains using drawing 2 . The process until it carries out the laminating of a substrate 13 and the undoping GaN light-guide layer 18 of an opposite side on both sides of the Ga_{0.9}In_{0.1}N barrier layer 17 from washing by the organic solvent and pretreatment is the same as the form 1 of operation.

[0041] After carrying out the laminating of the undoping GaN light-guide layer 18, the bulb of the gas supply line of trimethylgallium is closed, the bulb of the gas supply line of a trimethylaluminum, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl is opened, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, and the laminating of the p type AlN layer 20 of 0.1 micrometers of thickness is carried out.

[0042] After carrying out the laminating of the p type AlN layer 20, the bulb of a trimethylaluminum is closed, the bulbs 69, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl are opened, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, and the laminating of the p type GaN layer

21 of 500Å of thickness is carried out.

[0043] After carrying out the laminating of the p type GaN layer 21, the bulb 72 of trimethylgallium and the gas supply line of magnesium cyclopentadienyl is closed, the bulbs 70 and 71 of a trimethylaluminum and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylaluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and the laminating of the undoping AlN layer 22 of 0.9 micrometers of thickness is carried out. After carrying out the laminating of the undoping AlN layer 22, growth is once ended and a substrate 13 is taken out besides a reactor 74.

[0044] Next, on the AlN layer 22 on a substrate 13, it leaves a field with a width of face of 10 micrometers, and a mask is carried out by SiO₂ with a thickness of 1000Å, and it puts ~~in~~ into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, it applies for 10 minutes, and the undoping AlN layer 22 on a mask is removed. Then, SiO₂ mask is stripped, it rinses with the pure water which is not having the substrate 13 which removed the undoping AlN layer 22 ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0045] After washing the organic substance, the substrate 13 again removed in the undoping AlN layer 22 on a mask is put in into a metal organic vapor phase epitaxial growth system, the inside of a deposition chamber is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 13 is heated to 1090 degrees C at a heater the whole substrate electrode holder made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed.

[0046] The temperature of a substrate 13 is lowered to 1030 degrees C. Then, trimethylgallium, The bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of a trimethylaluminum, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, Ammonia 2.5l./min and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed. 1.0-micrometer laminating of the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 19 is carried out to the portion in which the AlN layer 22 carried out opening, the laser structure 25 which the AlGaIn layer 19 consisted ridge-like of is manufactured, and a crystal growth is ended.

[0047] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 13 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, annealing is performed for 1 hour, and the magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 13 is returned to a room temperature after an annealing end, and the SiC (0001) substrate 13 to which the laminating of the laser structure 25 was carried out is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0048] To the SiC substrate 13 by which the laminating of the laser structure 25 was carried out to the last, substrate 13 rear face is made to carry out the vacuum evaporation of nickel with a thickness of 1000Å and the gold 24 to the front face of an indium 23 and the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 19, the cleavage of the substrate 13 is carried out to 1mm of cavity length, and laser 26 is completed.

[0049] The property of the above-mentioned laser 26 of this invention is described below. An electrical property is described first. p type and the carrier density of the n type aluminum0.2Ga0.8N clad layers 19 and 15 are 1×10^{18} /cm³, mobility is p type and the n type aluminum0.2Ga0.8N light-guide layer 19, 15 of 10cm of each 2/V-s, and 250cm²/V-s, and p type with small enough resistivity and n type clad layers 19 and 15 are manufactured. Moreover, ohm nature contact was realized between the p type aluminum0.2Ga0.8N clad layer 19 and nickel/Au24, and ohm nature contact is further realized also between the n type SiC substrate 13 on the back and an indium 23.

[0050] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since the AlN layer 22 is used for the embedding layer, the lateral effective-refractive-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.1, and a single-transverse-mode oscillation is realized. A front and rear ** of the reflection factor of an end face are also 22%. Moreover, loss [in / 5cm-1 and a resonator / in the internal loss of laser 26] is 20cm-1. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the threshold current density of 800cm²/V-s and the laser known from before.

[0051] Since the laser 26 of this invention uses the embedding layer 22 of AlN, a current constriction is easy, the current flare in p type or n type clad layer becomes small compared with the conventional laser, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density.

[0052] Moreover, the undoping AlN layer 22 is removed to this side of the p type GaN layer 20 with a thickness of 500Å. The p type GaN layer 21 works as an etching halt layer. The p type AlN layer 20 remains without removing 1000Å. That is, since the p type AlN layer 22 has left 1000Å correctly, the rate of the yield by etching of laser which realizes a single-transverse-mode oscillation improves.

[0053] Though a laser beam becomes a multimode even if the refractive-index difference of the AlGaIn layer 19 and the AlN layer 20 is large and makes small stripe width of face of the AlGaIn layer 19 by this, when the AlN layer 20 forms in the bottom of the AlGaIn layer 19, the refractive-index difference of directly under [stripe] and the outside of a stripe can be adjusted so that it may become small, and in order to realize a single transverse mode, the tolerance which realizes a single transverse mode becomes large that what is necessary is just to optimize the AlN layer 20.

[0054] In addition, the same result is obtained even if it uses the oxide substrate of aluminum2O3, ZnO, and LiAlO2 grade instead of a SiC substrate. Moreover, the same result is obtained even if it uses an OFF substrate instead of a substrate just.

[0055] Moreover, the same result is obtained even if it uses a p type Al_xGa_{1-x}N (0<x<1) layer instead of the p type AlN layer 20. Moreover, although the potassium hydroxide was used for removing AlN, the same result is obtained even if it uses a sodium hydroxide. Furthermore, the same result is obtained even if it adopts selfer RAINDO structure instead of the structure which formed the AlN layer in the both sides of the AlGaIn layer 19. Selfer RAINDO structure is as drawing 11 .

[0056] (Form 3 of operation) It explains using drawing 3. The process until it carries out the laminating of a substrate 27 and the undoping GaN light-guide layer 32 of an opposite side on both sides of the Ga_{0.9}In_{0.1}N barrier layer 31 from washing by the organic solvent and pretreatment is the same as the form 1 of operation.

[0057] Although close the bulb 69 of the gas supply line of trimethylgallium, the bulbs 70 and 71 of a trimethylaluminum and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylaluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed and it is not illustrating after carrying out the laminating of the undoping GaN light-guide layer 32, the laminating of the undoping AlN layer of 1.0 micrometers of thickness is carried out.

[0058] After carrying out the laminating of the undoping AlN layer, growth is once ended and a substrate 27 is taken out besides a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0059] Next, it has opening with a width of face of 5 micrometers in a substrate 27, and a mask is made it by SiO₂ with a thickness of 1000Å, it puts in into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, and heats to 100 degrees C, and it applies for 10 minutes, an undoping AlN layer is removed, and opening is formed in an AlN layer. Then, it rinses with the pure water which is not having the substrate 27 which removed the undoping AlN layer of the portion which has not carried out the mask ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0060] After washing the organic substance, the substrate 27 again removed in the undoping AlN layer is put in into a reactor 74, the inside of a reactor 74 is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 27 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate electrode holder 66 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. Then, the temperature of a substrate 27 is lowered to 1030 degrees C, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, 1.0-micrometer laminating of the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 34 is carried out to opening of an AlN layer, and it is embedded at it.

[0061] The substrate 27 of the laser structure 38 which embedded the AlGa_{0.2}N clad layer 34 into the AlN layer is taken out besides a reactor 74. To a substrate 27, to the field to which the laminating of the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 34 with a width of face of 5 micrometers is carried out, a mask is carried out by SiO₂ with a thickness of 1000Å, and it puts in into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, it applies for 10 minutes to it, and an undoping AlN layer is removed to it. Then, SiO₂ mask is stripped, it rinses with the pure water which is not having the substrate 34 which removed the undoping AlN layer ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes. Thereby, the structure which the AlGa_{0.2}N clad layer 34 consisted ridge-like of is acquired. The AlN layer used here is not used as a part of laser structure, but is used as a dummy film for forming laser structure.

[0062] After washing the organic substance, the substrate 27 which removed again the undoping AlN layer which is a dummy film is shortly put in into a deposition chamber 80, the degree of vacuum in a deposition chamber 80 is set to 10⁻¹⁰Torr, the n type SiC (0001) substrate 27 stuck on the molybdenum block 76 is heated to 600 degrees C, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed.

[0063] Then, the temperature of a substrate 27 is lowered to 300 degrees C, the cell 78 of MgS heated by even 800 degrees C is opened, the laser structure 38 which irradiated the substrate 27 and embedded BIMUFURAKKUSU ** of 5X10⁻⁷Torr by undoping MgS₃₅ is manufactured, and a crystal growth is ended again. A substrate 27 is taken out out of a deposition chamber 80 after that.

[0064] Then, it puts in into a reactor 74, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 27 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, annealing is performed for 1 hour, and the magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 27 is returned to a room temperature after an annealing end, and the SiC (0001) substrate 27 to which the laminating of laser structure # was carried out is taken out out of a metal organic vapor phase epitaxial growth system.

[0065] To the SiC substrate 27 by which the laminating of the laser structure 38 was carried out to the last, a substrate # rear face is made to carry out the vacuum evaporation of nickel/Au₃₇ with a thickness of 1000Å to the front face of an indium 36 and the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 34, the cleavage of the substrate 27 is carried out to 1mm of cavity length, and laser 39 is completed.

[0066] The undoping MgS layer is used for embedding in this example. Since this growth can grow temperature at 300 degrees C, it does not need to make growth temperature an elevated temperature for embedding, and does not require the heat history for a laser crystal, but can prevent deterioration of the quality of a crystal.

[0067] The property of the above-mentioned laser 39 of this invention is described below. An electrical property is described first. p type and the carrier density of the n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layers 34 and 29 are 1x10¹⁸/cm³, mobility is p type and the n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 34, 29 of 10cm of each 2/V-s, and 250cm²/V-s, and p type with small enough resistivity and n type clad layers 34 and 29 are manufactured. Moreover, ohm nature contact was realized between the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 34 and nickel/Au₃₇, and ohm nature contact is further realized also between the n type SiC substrate 27 on the back and an indium 36.

[0068] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since the MgS layer with a refractive index smaller than the clad layer 34 is used for the embedding layer 35, the lateral effective-refractive-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.05, and a single-transverse-mode oscillation is realized. A front and rear ** of the reflection factor of an end face are also 22%. Moreover, loss [in / 5cm-1 and a resonator / in the internal loss of laser] is 20cm-1. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the

threshold current density of 800cm²/V-s and the laser known from before.

[0069] Since the laser of this invention uses the AlN embedding layer, a current constriction is easy, the current flare in p type or n type clad layer becomes small compared with the conventional laser, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density. Moreover, desorption of In of a barrier layer does not take place [crystal-growth temperature] by 300 degrees C and the low's at the time of regrowth, but it is easy to manufacture a laser property as a design value, and the rate of the yield improves on laser manufacture.

[0070] Furthermore, the same result is obtained even if it adopts selfer RAINDO structure instead of the structure which embedded the MgS layer in the shape of a ridge. Moreover, although MgS was used for embedding material, the same result is obtained even if it uses MgSe.

[0071] (Form 4 of operation) It explains using drawing 4 and drawing 12 . The process until it carries out the laminating of a substrate and the undoping GaN light-guide layer 45 of an opposite side on both sides of the Ga_{0.9}In_{0.1}N barrier layer 44 from washing by the organic solvent and pretreatment is the same as the form 1 of operation.

[0072] After carrying out the laminating of the undoping GaN light-guide layer 45, the bulb 69 of the gas supply line of trimethylgallium is closed, the bulbs 70 and 71 of a trimethylaluminum and the gas supply line of ammonia are opened, trimethylaluminum 8.7sccm and ammonia 2.5 l/min are passed, and the laminating of the undoping AlN layer of 1.0 micrometers of thickness is carried out. After carrying out the laminating of the undoping AlN layer, growth is once ended and a substrate 40 is taken out besides a reactor 74.

[0073] Next, the undoping AlN layer which leaves an opening field with a width of face of 5 micrometers to a substrate 40, carries out a mask by SiO₂ with a thickness of 1000Å, puts in into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, heats to 100 degrees C, applies for 10 minutes, and has not carried out the mask is removed. Then, it rinses with the pure water which is not having the substrate 40 which removed the undoping AlN layer ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0074] After washing the organic substance, the substrate 40 again removed in the undoping AlN layer is put in into a metal organic vapor phase epitaxial growth system, the inside of a deposition chamber is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 40 is heated to 1090 degrees C at a heater the whole substrate electrode holder 67 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. Then, the temperature of a substrate 40 is lowered to 1030 degrees C, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and magnesium cyclopentadienyl are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed, 1.0-micrometer laminating of the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 46 is carried out, the laser structure where the AlGa_{0.8}N layer 46 was embedded into the AlN layer is manufactured, and a crystal growth is

[0075] Next, a mask is carried out by SiO₂ with a thickness of 1000Å, and the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 46 with a width of face of 5 micrometers puts in into the saturated-water solution of a potassium hydroxide, heats to the field by which the laminating is carried out to 100 degrees C, is missing from it for 10 minutes, and an undoping AlN layer is removed. Then, SiO₂ mask is stripped, it rinses with the pure water which is not having the substrate 40 ionized, and the organic substance, such as a methanol, washes.

[0076] After washing the organic substance, the substrate 40 again removed in the undoping AlN layer is put in into a reactor 74, the inside of deposition-chamber # is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 40 is heated to 1090 degrees C at a heater the whole substrate electrode holder 67 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. The temperature of a substrate is lowered to 1030 degrees C. Then, trimethylgallium, a trimethylaluminum, The bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of ammonia and magnesium cyclopentadienyl are opened. Trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, Ammonia 2.5l/min and magnesium cyclopentadienyl 5.0sccm are passed. 1.0-micrometer laminating of the p type aluminum_{0.3}Ga_{0.7}N clad layer 47 is carried out, the laser structure which embedded the AlGa_{0.8}N layer 46 by undoping aluminum_{0.3}Ga_{0.7}N layer 47 is manufactured, and a crystal growth is ended again.

[0077] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 40 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, annealing is performed for 1 hour, and the magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 40 is returned to a room temperature after an annealing end, and the SiC (0001) substrate 40 to which the laminating of the laser structure 48 was carried out is taken out out of a reactor 74.

[0078] To the SiC substrate 40 by which the laminating of the laser structure 50 was carried out to the last, substrate 50 rear face is made to carry out the vacuum evaporation of nickel/Au₄₉ with a thickness of 1000Å to the front face of an indium 48 and the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 46, the cleavage of the substrate 40 is carried out to 1mm of cavity length, and laser is completed.

[0079] The property of the above-mentioned laser of this invention is described below. An electrical property is described first. p type and the carrier density of the n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layers 46 and 42 are 1×10¹⁸/cm³, mobility is p type and the n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 46, 42 of 10cm of each 2/V-s, and 250cm²/V-s, and p type with small enough resistivity and n type clad layers 46 and 42 are manufactured. Moreover, ohm nature contact was realized between the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N clad layer 46 and nickel/Au₄₉, and ohm nature contact is further realized also between the n type SiC substrate 40 on the back and an indium 48.

[0080] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of laser is 410nm. Since the aluminum_{0.3}Ga_{0.7}N layer with a refractive index smaller than the clad layer 46 is used for the embedding layer 47, the lateral effective-refractive-index difference between the portion which pours in current, and the portion which is not poured in becomes large with 0.05, and a single-transverse-mode oscillation is realized. A front and rear ** of the reflection factor of an end face are also 22%. Moreover, loss [in / 5cm-1 and a resonator / in the internal loss of laser #] is 20cm-1. Furthermore, threshold current density is 1/5 of the threshold current density of 800cm²/V-s and the laser known from before.

[0081] Since the embedding layer of AlGa_N is used for the laser of this invention, a current constriction is easy, the current flare in p type or n type clad layer becomes small compared with the conventional laser, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since dry etching is not used for removing AlN which is a dummy layer, the internal loss as laser becomes small, and it leads to the fall of threshold current density.

[0082] Since composition of aluminum is larger than the AlGa_N layer 46 and the refractive index is small, a laser beam will also be confined in the direction of the AlGa_N layer 46, and, as for the AlGa_N layer 47 which is an embedding layer, a refractive-index waveguide can be realized.

[0083] (Gestalt 5 of operation) Washing and pretreatment by the organic solvent are performed first, the n type SiC (0001) substrate 51 is placed on the substrate electrode holder 66 made from carbon, and it supplies in a reactor 74.

[0084] Next, the inside of a deposition chamber is filled with the hydrogen of pressure 70Torr, the n type SiC (0001) substrate 51 is heated to 1090 degrees C at a heater 67 the whole substrate electrode holder 66 made from carbon in hydrogen atmosphere, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. The temperature of the SiC (0001) substrate 51 is lowered to 540 degrees C after that, the bulbs 70, 71, and 72 of the gas supply line of a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylaluminum 5.5sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and 300A laminating of the n type AlN buffer layer 52 is carried out.

[0085] Next, production of the mirror 56 with the n type conductivity which repeated n type AlN₅₃ of 414A of thickness and n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N₅₄ of 355A of thickness 20 times by turns, and produced them is described. To 355A, each thickness is 1/4 of the oscillation wavelength within a layer, and the thickness of 414A and n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N₅₄ is taken for the thickness of n type AlN₅₃ because the reflection factor to the laser beam generated in a barrier layer becomes the maximum. After carrying out the laminating of the n type GaN buffer layer 52, the temperature of the SiC (0001) substrate 51 is raised to 1030 degrees C, the bulbs 70, 71, and 72 of the gas supply line of a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and 414A laminating of n type AlN layer # is carried out. Next, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and 355A laminating of n mold aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N layer 54 is carried out. This n type AlN layer 53 and n mold aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N layer 54 are repeated 20 times by turns, it grows up, and the n type AlN/aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N mirror 56 is produced.

[0086] Then, production of the GaN/aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N double hetero structures 57, 58, and 59 is described. After producing the n type AlN/aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N mirror 56, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and a silane are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and silane 12.5sccm are passed, and 2000A laminating of the n type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N light-guide layer 57 is carried out. Then, the bulb of a trimethylaluminum and the gas supply line of a silane is closed, the flow rate of trimethylgallium is set to 5.5sccm(s), and 1000A laminating of the undoping GaN barrier layer 58 is carried out. Then, the bulbs 69, 70, 71, and 72 of the gas supply line of trimethylgallium, a trimethylaluminum, ammonia, and cyclo PENTA diphenyl magnesium are opened, trimethylgallium 2.7sccm, trimethylaluminum 8.7sccm, ammonia 2.5 l/min, and cyclo PENTA diphenyl magnesium 5.0sccm are passed, and 2000A laminating of the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N light-guide layer 59 is carried out.

[0087] Then, only the bulb of the gas supply line of hydrogen is opened, the temperature of the SiC (0001) substrate 51 is set as 700 degrees C in the hydrogen atmosphere of pressure 70Torr, annealing is performed for 1 hour, and the magnesium which is a p type dopant is activated. The temperature of the SiC (0001) substrate 51 is returned to a room temperature after an annealing end, and the SiC (0001) substrate 51 is taken out out of a reactor 74.

[0088] The n type SiC (0001) substrate 51 which set the degree of vacuum in a deposition chamber 80 to 10-10Torr this time, and was stuck on the molybdenum block 76 in the substrate taken out from the metal organic vapor phase epitaxial growth system is heated to 600 degrees C, and the adsorption gas adhering to the front face, an oxide, a moisture child, etc. are removed. Then, the temperature of a substrate is lowered to 300 degrees C, the cells 78 and 79 of MgS heated by even 800 degrees C and MgSe are opened, the beam flux of 5X10⁻⁷Torr is irradiated by turns at a substrate 51, respectively, p type MgS₆₀ of 400A of thickness and p type MgSe₆₁ of 350A of thickness are repeated 20 times by turns, and are produced, p type mirror MgS/MgSe₆₂ is manufactured, and a crystal growth is ended again. It takes out out of a substrate 80 after that.

[0089] After taking out the SiC (0001) substrate 51 outside, a mask with a diameter of 10 micrometers is covered and SiO₂ mask with a thickness of 1000A is put. The p type MgS/MgSe mirror 62 of the portion which has not put SiO₂ mask for the substrate 51 using the potassium dichromate after that is removed altogether.

[0090] To the SiC (0001) substrate 51 by which the laminating of the laser structure was carried out to the last, substrate 51 rear face is made to carry out the vacuum evaporation of Au/nickel₆₄ with a thickness of 1000A to the front face of an indium 63 and the p type aluminum_{0.2}Ga_{0.8}N light-guide layer 59, the cleavage of the substrate 51 is carried out, and a surface emission-type laser is completed.

[0091] The property of the above-mentioned surface emission-type laser of this invention is described below. An electrical

property is described first. The carrier density of $1 \times 10^{18} \text{ /cm}^3$ and the n type AlN/aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ mirror 56 of p type and the carrier density of the n type aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ light-guide layers 59 and 57 is $1 \times 10^{18} \text{ /cm}^3$. p type and the n type aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ light-guide layers 59 and 57, and the n type AlN/aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ mirror 56 mobility, respectively $10 \text{ cm}^2/\text{V-s}$, It is $250 \text{ cm}^2/\text{V-s}$ and $250 \text{ cm}^2/\text{V-s}$, and p type and n type light-guide layers 59 and 57 with small enough resistivity, n type, and p type mirror 56 are produced. Moreover, ohm nature contact was realized between the p type aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ light-guide layer 59 and nickel/Au64, and ohm nature contact is further realized also between the n type SiC substrate 51 on the back and an indium 63.

[0092] Next, an optical property is described. The oscillation wavelength of a surface emission-type laser is 364nm. The reflection factor of the n type AlN/aluminum $_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ mirror 56 and the p type MgS/MgSe mirror 62 is 99%, respectively. Moreover, loss [in / 10 cm^{-1} and a resonator / in the loss in the barrier layer of a surface emission-type laser] is 10 cm^{-1} . Threshold carrier density is 10^{19} /cm^3 , and is furthermore equal compared with the surface emission-type laser by which the laminating was carried out on the sapphire (0001) substrate known conventionally.

[0093] Moreover, since the surface emission-type laser of this invention uses the conductive substrate, current can be passed through a substrate rear face, the current flare in a mirror field becomes small compared with the conventional surface emission-type laser, and, as a result, threshold current density falls. Moreover, since low MgS/MgSe of growth temperature is used for p type mirror and dry etching is not carrying out on the occasion of removal of p type mirror further, a surface emission-type laser small the influence of degradation given to a laser element and more reliable than before is obtained.

[0094] In addition, even if it uses an OFF substrate instead of a substrate just, the same result is obtained again.

[0095]

[Effect of the Invention] By the laser or the SEL structure, and its manufacture method of this invention, threshold current fell rather than the conventional laser structure, eye single-transverse-mode ***** was realized, and it became clear that a thing with the sufficient rate of the yield with the high reliability as an element is obtained.

[Translation done.]